

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. Mai 2003 (30.05.2003)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/043864 A1**

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60T 8/48**,  
17/22, F16D 66/00, B60T 13/74, 7/04

(74) Anwalt: **SCHMIDT, Steffen, J.**; Wuesthoff & Wuesthoff,  
Patent- und Rechtsanwälte, Schweigerstr. 2, 81541  
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/12917

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. November 2002 (18.11.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SC, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(30) Angaben zur Priorität:  
101 57 449.5 23. November 2001 (23.11.2001) DE  
102 28 115.7 24. Juni 2002 (24.06.2002) DE

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **LUCAS AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Carl-  
Spaeter-Strasse 8, 56070 Koblenz (DE).

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **KINDER, Ralf**  
[DE/DE]; Helfensteinstrasse 65, 56337 Eitelborn (DE).  
**LEITER, Ralf** [DE/DE]; Konrad-Adenauer-Strasse 18,  
56179 Vallendar (DE). **POERTZGEN, Gregor** [DE/DE];  
Markenbildchenweg 23, 56068 Koblenz (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: OPERATION OF A VEHICLE BRAKE SYSTEM DEPENDING ON BRAKE SURFACE TEMPERATURES

(54) Bezeichnung: BETRIEB EINES FAHRZEUGBREMSSYSTEMS IN ABHÄNGIGKEIT VON BREMSFLÄCHENTEMPERATUREN

(57) Abstract: The invention provides a solution, whereby it is possible to determine the temperatures of the brake surface for a vehicle brake system depending on decelerations or accelerations acting upon a vehicle in an activated vehicle brake system and to control said vehicle brake system depending on the temperatures of the brake surface.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung stellt eine Lösung bereit, die es ermöglicht, Bremsflächentemperaturen für ein Fahrzeugbremssystem in Abhängigkeit von an einem Fahrzeug wirkenden Verzögerungen oder Beschleunigungen bei einem aktivierten Fahrzeugbremssystem zu bestimmen und das Fahrzeugbremssystem in Abhängigkeit der Bremsflächentemperaturen zu steuern.

WO 03/043864 A1

**BETRIEB EINES FAHRZEUGBREMSSYSTEMS**  
**IN ABHÄNGIGKEIT VON BREMSFLÄCHENTEMPERATUREN**

**5    BESCHREIBUNG**

**Gebiet der Erfindung**

Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen die Bestimmung der Temperatur  
10 einer Bremsfläche eines Fahrzeugbremssystems, die eine Bremsscheibe und/oder ei-  
nen Bremsbelag umfassen kann. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung die  
Bestimmung der Temperaturen von Bremsflächen eines Fahrzeugbremssystems in  
Abhängigkeit einer Verzögerung oder Beschleunigung des Fahrzeuges während eines  
Bremsvorganges und den Betrieb des Fahrzeugbremssystems in Abhängigkeit der  
15 Bremsflächentemperaturen.

**Stand der Technik**

Aus DE 100 12 448 A1 ist ein Verfahren zur Bremskraftverteilung bei Fahrzeugen be-  
20 kannt, bei dem überprüft wird, ob Radbremsen überhitzt sind oder für diese eine Ü-  
berhitzungsgefahr besteht. Ist dies der Fall, werden die Radbremsen alternierend mit  
Bremskraft beaufschlagt. Dadurch wird erreicht, dass in den Zeiträumen, während  
denen eine der Radbremsen nicht mit Bremskraft beaufschlagt ist, diese sich abküh-  
len kann. Um auch bei überhitzten Radbremsen oder einer Überhitzungsgefahr für  
25 diese Notbremsungen zuzulassen, werden die Radbremsen nicht wie beschrieben  
sondern auf herkömmliche Weise mit Bremskraft beaufschlagt, wenn Fahrzeugverzö-  
gerungen vorgegeben werden, die einen Grenzwert überschreiten. Eine Überhitzung  
von Radbremsen oder eine Überhitzungsgefahr für diese liegt hier vor, wenn die  
Temperatur der Radbremsen einen vorbestimmten Grenzbereich oder -wert über-

schritten hat bzw. in einem vorbestimmten Temperaturbereich liegt, bei dessen Überschreitung mit einer Überhitzung zu rechnen ist. Hierfür ist es vorgesehen die Temperaturen der Radbremsen unmittelbar mit Temperatursensoren zu erfassen oder mit Hilfe eines Temperaturmodells zu ermitteln. Bei Verwendung eines Temperaturmodells ist es vorgesehen, Größen zu Grunde zu legen, die Hydraulikdrücke bei hydraulischen Bremsen, Stromaufnahme bei elektromechanischen Bremsen, Bremsdauer und dergleichen angeben.

Gemäß der DE 44 18 768 A1 wird die Temperatur einer Bremsfläche eines Kraftfahrzeuges indirekt aus der Raddrehzahl und Bremsenzustandsdaten berechnet. Die Bremsflächentemperatur wird im Fahrbetrieb zyklisch neu bestimmt, wobei in jedem Zyklus die aktuelle Bremsflächentemperatur um einen ersten Wert bis minimal auf eine vorgegebene Minimaltemperatur verringert wird. Ferner ist es vorgesehen, bei einer Aktivierung der Radbremse die aktuelle Bremsflächentemperatur in jedem Zyklus jeweils um einen zweiten Wert zu erhöhen, der in Abhängigkeit von Daten aus erfassten Raddrehzahlen bzw. aus daraus ableitbaren Größen ermittelt wird. Die aus den Daten für erfasste Raddrehzahlen ableitbaren Größen umfassen die Fahrzeuggeschwindigkeit und eine Fahrzeugverzögerung aufgrund der Bremswirkung. Zur Ermittlung des zweiten Werts, die zur Erhöhung der aktuellen Bremsflächentemperatur verwendet wird, wird die in thermische Energie umgesetzte und als solche der Radbremse zugeführte Verzögerungsenergie berechnet, die proportional zum Produkt aus der Fahrzeuggeschwindigkeit und -verzögerung ist. Um Beschädigungen der Bremsflächen zu vermeiden, werden Regeleingriffe der Steuerung der Bremsanlage (z.B. ABS, elektronisches Traktionssystem) in Abhängigkeit der Bremsflächentemperaturen selbstständig unterbrochen, abgeschaltet oder bis auf weiteres unterbunden, um eine übermäßige Erwärmung der Bremsflächen zu vermeiden. Das kann z.B. dazu führen, dass in einer Situation, die der Fahrzeugführer nicht mehr allein beherrschen kann und Unterstützung durch einen geregelten Betrieb der Bremsanlage erforderlich wäre, diese wegen zu hoher Bremsflächentemperaturen nicht bereitgestellt wird. Dabei kann es zu einer

bei kann es zu einer Beschädigung des Fahrzeuges kommen, die schwerwiegender als eine mögliche Beschädigung von Bremsflächen aufgrund einer Überhitzung ist.

- 5 Zur Bestimmung einer Temperatur einer Bremsscheibe eines Kraftfahrzeuges ist es aus der DE 38 13 514 A1 bekannt, einen auf Temperaturänderungen ansprechenden Geber zu verwenden, der in der Nähe der Bremsscheibe angeordnet ist, um deren Wärmestrahlung zu erfassen. Dies erfordert es, dass an jeder zu überwachenden Bremsscheibe eine entsprechender, temperaturempfindlicher Geber anzuordnen ist. Da die Geber von den Bremsscheiben beabstandet angeordnet sind, kann es zu einer
- 10 fehlerhaften Temperaturbestimmung kommen, beispielsweise aufgrund von Spritzwasser von der Fahrbahn oder von einer Verunreinigung des Sensors oder von durch den Geber erfasster Wärmestrahlung, die von anderen Komponenten des Fahrzeugs abgestrahlt wird.
- 15 Die DE 199 43 352 A1 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen der Temperatur an einem Fahrzeug vorgesehener Brems Elemente, bei denen die momentane kinetische Energie des Fahrzeuges berechnet und mit einem vorherigen Wert für die kinetische Fahrzeugenergie verglichen wird. Bei einer Abnahme der kinetischen Energie des Fahrzeuges wird aus dieser Abnahme die den Brems Elementen
- 20 zugeführte Wärmeenergie und daraus die Temperaturen der Brems Elemente berechnet. Zur Bestimmung der kinetischen Energie des Fahrzeuges wird die Masse des Fahrzeuges einschließlich der Zuladungen und die momentane Fahrzeuggeschwindigkeit verwendet. Um äußere Einflüsse, wie z. B. die Neigung der Fahrbahn, die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche bzw. die daraus resultierende Reibung der
- 25 Fahrzeugräder auf der Fahrbahnoberfläche, den Beladungszustand des Fahrzeuges, den durch beispielsweise eine Dachlast veränderten Luftwiderstandsbeiwert des Fahrzeuges und dergleichen, bei der Berechnung der Temperaturen der Brems Elemente zu berücksichtigen, werden jeweils entsprechende Größen, beispielsweise mit-

tels zusätzlicher Sensoren, ermittelt und bei der Berechnung der Temperaturen der Bremsselemente verwendet.

5 Aus der DE 43 16 993 A1 ist es bekannt, die Temperatur von Bremsscheiben einer Fahrzeugbremsanlage indirekt, d.h. ohne zur Hilfenahme entsprechender Sensoren zu ermitteln. Hierfür werden während eines Bremsvorganges Größen erfasst, die die Energiebilanz des Kraftfahrzeuges charakterisieren, wie z. B. das Fahrzeuggewicht, die Fahrzeuggeschwindigkeit und -beschleunigung, Radumfangsgeschwindigkeiten und -beschleunigungen und die Fahrbahnneigung. Aus diesen Größen werden die  
10 von jedem Bremsbelag jeweils zu verrichtende Reibungsarbeit und Reibungsleistung berechnet. Die Temperatur der Bremsscheiben wird dann jeweils aus der entsprechenden berechneten Reibungsarbeit und Reibungsleistung, der aktiven Bremsscheibenmasse sowie der spezifischen Wärmekapazität des Bremsscheibenmaterials ermittelt. Die ermittelte Bremsscheibentemperatur wird verwendet, um Informationen über den Belastungszustand der Bremsanlage und darüber zu erhalten, ob eine bestimmte Bremsfolge, d.h. eine zeitliche Folge von Bremskräften an den Bremsscheiben geeignet ist, die Bremsscheibentemperatur in einem gewünschten Bereich zu halten. Angaben, wie solche Informationen weiter verwendet werden, sind in diesem  
15 Dokument nicht zu finden.

20

Aus der DE 40 20 693 A1 ist es bekannt, Temperaturänderungen von Bremsen für kleine vorgegebene Zeitabstände aus der Summe des Quadrats der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Quadrats der Fahrzeugverzögerung jeweils mit einer fahrzeugspezifischen Konstanten multipliziert zu berechnen. Führt eine Temperaturerhöhung  
25 zu einem Überschreiten eines Grenzwertes für die Bremsentemperaturen wird eine Warnlampe eingeschaltet. Ferner kann das Motordrehmoment reduziert werden, um eine Geschwindigkeit zu erreichen, bei der ein Anhalten ohne Bremsen oder ein Abbremsen ohne Bremsüberhitzung möglich ist. Diese automatische Geschwindigkeitsverringerung kann z.B. bei Autobahnfahrten zu gefährlichen Fahrsituationen führen.

Alternativ ist es vorgesehen, bei zu hohen Bremsentemperaturen die Antischlupfregelung des Fahrzeuges abzuschalten. Dies hat den Nachteil, dass zwar eine Beschädigung der Bremsen aufgrund zu hoher Temperaturen vermieden werden kann, aber in Kauf genommen wird, dass schwerwiegendere Beschädigungen des Fahrzeuges aufgrund ausgeschalteter Antischlupfregelung auftreten können.

### **Aufgabe der Erfindung**

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Betrieb eines Fahrzeugbremssystems zu so verbessern, dass gewünschte Fahr- und Betriebszustände in Abhängigkeit von Temperaturen von Bremsflächen beibehalten oder erreicht werden. Ferner sollen thermische Beschädigungen der Bremsflächen vermieden werden, wobei in unerwünschten, insbesondere kritischen Fahrsituationen erforderliche Bremskräfte weiterhin bereitgestellt werden sollen.

### **Zusammenfassung der Erfindung**

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren für ein Fahrzeugbremssystem bereit, bei dem die Temperatur einer oder mehrerer Bremsflächen in Abhängigkeit einer Verzögerung aufgrund eines Bremsvorgangs bestimmt wird. Hierbei werden Bremsvorgänge berücksichtigt, die beispielsweise mittels einer Betätigung des Fahrzeugbremssystems durch einen Fahrzeugführer, durch eine Steuereinheit (z.B. ECU = electronic control unit) des Fahrzeuges zur Steuerung des Fahrbetriebs (z.B. elektronische Stabilitätskontrolle, elektronische Traktionskontrolle, Antischlupfregelung, etc.) und von einer Steuerung für das Fahrzeugbremssystem (z.B. Bremsassistent, gesteuerte Feststellbremse, Parkbremse, Anfahrhilfe, Parkhilfe, Bremsassistent etc.) ausgelöst werden.

Ferner ist es vorgesehen, Bremsflächentemperaturen in Abhängigkeit einer Beschleunigung zu bestimmen, wenn das Fahrzeugbremssystem Bremskräfte erzeugt. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn beim Beschleunigen des Fahrzeugs der Fahrzeugführer eine Betätigung des Fahrzeugbremssystems beibehält, das Fahrzeugbremssystem Bremskräfte aufrecht erhält oder noch nicht gebaut hat, wenn das Fahrzeugbremssystem beispielsweise als Feststellbremse, Parkbremse oder Anfahrhilfe betrieben wird, die Fahrzeugsteuerung, beispielsweise in Abhängigkeit des Beschleunigungsvorgangs, das Fahrzeugbremssystem aktiviert, um beispielsweise den Schlupf oder die Traktion zu steuern, und dergleichen. Ferner werden auf diese Weise Bremsflächentemperaturen beim Auftreten einer Beschleunigung des Fahrzeugs bestimmt, wenn beispielsweise aufgrund einer Fehlfunktion des Fahrzeugbremssystems selbst oder anderer Komponenten des Fahrzeugs das Fahrzeugbremssystem in unerwünschter Weise aktiviert ist.

15 In Abhängigkeit der ermittelten Bremsflächentemperaturen werden dann an den Bremsflächen wirkende Bremskräfte und insbesondere deren Höhe gesteuert.

Erfindungsgemäß werden die an den Bremsflächen wirkenden Bremskräfte so gesteuert, dass ein gewünschter Fahrzustand, der eine Aktivierung des Fahrzeugbremssystems erfordert und/oder bei dem das Fahrzeugbremssystem aktiviert ist, beibehalten oder erreicht wird, ohne dass dabei zu hohe Bremsflächentemperaturen auftreten.

25 Die Bremskraftsteuerung kann auch so erfolgen, dass unerwünschte Fahr- oder Betriebszustände des Fahrzeuges (z.B. Schleudern, Kippen, Wegrollen), vorzugsweise ohne zu hohe Bremsflächentemperaturen, vermieden werden.

Kann ein gewünschter Fahrzustand nur erreicht werden bzw. kann ein unerwünschter Fahr- oder Betriebszustand nur vermieden werden, wenn das Fahrzeugbremssystem

tem aktiviert wird oder bleibt, obwohl zu hohe Bremsflächentemperaturen vorliegen und/oder zu hohe Bremsflächentemperaturen auftreten können, ist es vorgesehen, entsprechende Bremskräfte gesteuert durch Fahrzeugbremssystem und/oder aufgrund einer Betätigung des Fahrzeugbremssystems durch einen Fahrzeugführer zu erzeugen bzw. zuzulassen. Auf diese Weise können Beschädigungen des Fahrzeugs vermieden werden, die, verglichen mit Beschädigungen von Bremsflächen aufgrund zu hoher Temperaturen, schwerwiegender sind.

- 10 Wird beispielsweise festgestellt, dass die Temperatur einer oder mehrerer Bremsflächen über einem vorbestimmten, zulässigen Wert liegt, kann das Fahrzeugbremssystem so gesteuert werden, dass nach einer Feststellung zu hoher Bremsflächentemperaturen betroffene Bremsflächen mit reduzierten Kräften beaufschlagt werden. Um eine gewünschte Bremswirkung zu erzielen, können dabei Bremsflächen mit tolerierbaren Temperaturen höheren Kräften ausgesetzt werden. Ferner können in Abhän-
- 15 gigkeit der Bremsflächentemperaturen einzelne oder mehrere Funktionen einer Steuerung des Fahrzeugs (z.B. ABS, elektronisches Stabilitätsprogramm, Traktionskontrolle, Schlupfregelung) teilweise oder vollständig deaktiviert und/oder nur für bestimmte Fahrzustände, insbesondere extreme Fahrzustände, freigegeben werden.
- 20 Bei einem Fahrzeug mit ABS wird dieses normalerweise bei jedem Bremsvorgang aktiviert, obwohl dies nicht für jeden Bremsvorgang erforderlich ist, was zu unerwünschten oder unzulässigen Temperaturerhöhungen der Bremsflächen führen kann. Dies kann mit der vorliegenden Erfindung vermieden werden. Wenn kritische Bremsflächentemperaturen ermittelt werden, d.h. solche, die zu hoch sind oder bei denen
- 25 Gefahr besteht, dass, z.B. aufgrund des Verlaufs des Fahrbetriebs des Fahrzeuges, zu hohe Bremsflächentemperaturen erreicht werden, kann die Unterstützung durch das ABS reduziert oder vollständig unterbunden werden. Hierbei ist es vorgesehen, neben der Bremsflächentemperatur auch den jeweiligen Fahr- und/oder Betriebszustand des Fahrzeuges zu berücksichtigen.



Treten bei kritischen Bremsflächentemperaturen Fahr- oder Betriebszustände auf, die ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems beherrschbar sind, z.B. durch eine Reduktion der Motorleistung oder durch Lenkbewegungen des Fahrzeugführers, sollten  
5 keine Bremskräfte an den Bremsflächen erzeugt werden. Bei Fahr- oder Betriebszuständen, die nur mit Unterstützung des Fahrzeugbremssystems erreichbar bzw. beizubehalten sind, ist es vorteilhaft auch bei kritischen Bremsflächentemperaturen das Fahrzeugbremssystem zu aktivieren. Im Fall von Fahr- und Betriebszuständen, bei denen eine Unterstützung durch das Fahrzeugbremssystem nicht unbedingt erforderlich  
10 lich ist, aber hilfreich wäre, und/oder bei Bremsflächentemperaturen, die nicht oder noch nicht als kritisch einzustufen sind, ist es vorgesehen, die Bremskräfte an den Bremsflächen abgestuft zu erzeugen. D.h., die Höhe der Bremskräfte so zu steuern, dass keine unerwünschten Fahr- oder Betriebssituationen auftreten und sich dabei die Bremsflächentemperaturen in einem zulässigen Bereich befinden.

15

Umfasst das Fahrzeugbremssystem eine Feststellbremse oder eine Parkbremse, ist die Kenntnis der Bremsflächentemperaturen von hoher Bedeutung, da sich beim Stillstand des Fahrzeugs die Bremsflächen abkühlen und aufgrund der daraus resultierenden "Verkleinerung" der Bremsflächen (auch als sog. "Belagschrumpfen" bezeichnet)  
20 net) die Zuspannkraft reduziert. Um zu gewährleisten, dass nach einem Abkühlen der Bremsflächen das Fahrzeugbremssystem ausreichende Bremskräfte zur Verfügung stellt, die ein Wegrollen des Fahrzeugs verhindern, kann in Abhängigkeit der beim Erreichen des Stillstandzustands des Fahrzeugs ermittelten Bremsflächentemperaturen in Verbindung mit Informationen, die das Abkühlen der Bremsflächen charakterisieren und oder einer der oben genannten Temperaturbestimmung für ein nicht beschleunigtes oder nicht verzögertes Fahrzeug die aktuelle Bremsflächentemperatur  
25 bzw. deren Verlauf bestimmt werden. In Abhängigkeit der jeweiligen so bestimmten aktuellen Bremsflächentemperaturen kann dann das Fahrzeugbremssystem so ge-

steuert werden, dass die an den Bremsflächen wirkenden Kräfte erhöht werden, um deren Abkühleffekt zu kompensieren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird zur Brems-  
5 flächentemperaturbestimmung eine Verzögerung oder Beschleunigung des Fahrzeugs selbst zugrunde gelegt.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, die alternativ oder optional zu der  
vorherig genannten vorgesehen ist, werden zur Temperaturbestimmung die an den  
10 einzelnen Rädern auftretenden Verzögerungen oder Beschleunigungen verwendet, um die Temperatur der entsprechenden Bremsfläche zu ermitteln.

Vorzugsweise werden Bremsflächentemperaturen ferner in Abhängigkeit der Dauer  
bestimmt, für die das Fahrzeugbremssystem beim Auftreten einer Verzögerung oder  
15 Beschleunigung aktiviert ist. Auf diese Weise werden bei der Bestimmung der Temperatur der Bremsflächen dynamische Charakteristika für den aktivierten Betriebszustand des Fahrzeugbetriebssystems einbezogen. Dies führt zu einer genaueren Temperaturbestimmung, wenn z.B. das Fahrzeug für einen kurzen Zeitraum stark verzögert oder über einen längeren Zeitraum schwach beschleunigt wird.

Bei einer ferner bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird zur  
Bestimmung von Bremsflächentemperaturen die Fahrzeugverzögerung oder -  
beschleunigung verwendet, um die aktuelle kinetische Energie des Fahrzeugs zu er-  
mitteln. Die aktuelle kinetische Energie des Fahrzeugs wird dann verwendet, um die  
25 Temperatur der Bremsflächen zu bestimmen. Hierfür kann beispielsweise die aktuelle kinetische Energie des Fahrzeugs mit einer kinetischen Energie des Fahrzeugs vor bzw. bei einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems und/oder einer zuvor bestimmten aktuellen kinetischen Energie des Fahrzeugs verglichen werden. Die so er-

mittelte Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs gibt an, wie viel thermische Energie (maximal) der Bremsflächen zugeführt worden ist.

5 Zur Berechnung der kinetischen Energie des Fahrzeugs, die für einen Vergleich mit dessen aktueller kinetischer Energie verwendet werden kann, ist es vorgesehen, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs beim Einleiten einer Aktivierung des Fahrzeugbrems-  
systems zugrunde zu legen.

10 Vorzugsweise wird zur Berechnung der momentanen kinetischen Energie des Fahrzeugs die kinetische Energie in Abhängigkeit der Fahrzeugverzögerung oder -  
beschleunigung und der Dauer bestimmt, für die das Fahrzeugbremssystem aktiviert ist.

15 Bei einer Temperaturbestimmung auf der Grundlage von einzelnen Rädern des Fahrzeugs auftretenden Verzögerungen und Beschleunigungen können für die Räder, an denen Bremskräfte erzeugt werden, jeweils die aktuelle kinetische Energie ermittelt werden. Hierfür kann beispielsweise die jeweilige Winkelbeschleunigung der Räder verwendet werden.

20 Um die den Bremsflächen, an denen Bremskräfte wirken, zugeführte thermische Energie und daraus deren Temperatur zu ermitteln, wird basierend auf der jeweiligen aktuellen kinetischen Energie des entsprechenden Rades eine Änderung der kinetischen Radenergie ermittelt. Hierfür kann die aktuelle kinetische Radenergie mit einer zuvor bestimmten aktuellen kinetischen Energie des jeweiligen Rades verglichen  
25 werden. Alternativ ist es möglich für diesen Vergleich die kinetische Energie eines Rades zu verwenden, die sich aus der entsprechenden Winkelgeschwindigkeit ergibt, die das Rad aufweist, bevor oder wenn an diesem Bremskräfte erzeugt werden.

Ferner können bei einer Temperaturbestimmung von Bremsflächen auf der Grundlage von an den einzelnen Rädern auftretenden Verzögerungen und Beschleunigungen die jeweiligen wirksamen Bremskräfte ermittelt werden, um daraus in Verbindung mit den ermittelten Radverzögerungen bzw. -beschleunigungen die an der jeweiligen  
5 Bremsfläche verrichtete Arbeit und daraus die dieser zugeführte thermische Energie zu ermitteln.

Ferner können bei der Ermittlung der kinetischen Energien für die verschiedenen Ermittlungszeitpunkte weitere Größen berücksichtigt werden, wie z.B. die Masse des  
10 Fahrzeugs einschließlich eventuell vorhandener Dachlasten, fahrzeugspezifische und insbesondere für das Fahrzeugbremssystem spezifische Größen und dergleichen.

Wie oben ausgeführt, gibt die aktuelle kinetische Energie bzw. eine Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs an, welche Energie den Bremsflächen (maximal)  
15 zugeführt werden kann. Darauf basierend kann die den Bremsflächen zugeführte thermische Energie abgeschätzt, bestimmt oder exakt berechnet werden. Hierbei ist es vorgesehen, nicht nur die thermische Energie zur Temperaturbestimmung zugrunde zu legen, die bei einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems und aufgrund der daraus resultierenden Bremskräfte den Bremsflächen zugeführt wird, sondern auch thermische Energie, die unabhängig von einer Aktivierung des Fahrzeug-  
20 bremssystems zu einer Bremsflächentemperaturerhöhung führen kann. Hierzu zählen z.B. Wärmestrahlung des Fahrzeugmotors oder anderer Fahrzeugkomponenten, beispielsweise Elektromotoren für das Fahrzeugbremssystem, Abgaswärme und die Umgebungstemperatur, insbesondere die in der Nähe der Bremsflächen wirkende Um-  
25 gebungstemperatur.

Des Weiteren kann bei der Bremsflächentemperaturbestimmung thermische Energie berücksichtigt werden, die vor, während und/oder nach einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems von den Bremsflächen abgegeben wird. Eine solche Abfuhr ther-

mischer Energie kann beispielsweise aufgrund von Abkühlvorgängen der Bremsflächen und der diese umgebenden Umgebung, durch Kühlung aufgrund des Fahrtwindes, durch eine aktive Kühlung, beispielsweise in Form eines Gebläses, und dergleichen auftreten.

5

Vorzugsweise werden einzelne, mehrere oder alle Größen, die für eine Bremsflächentemperaturbestimmung verwendet werden unter Verwendung von schon vorhandenen Fahrzeugkomponenten ermittelt. Beispielsweise kann hierfür eine Fahrzeugsteuerung verwendet werden, die Funktionen eines Antiblockiersystems, eines elektronischen Stabilitätsprogramms, einer Traktionskontrolle und/oder einer Antischlupfregelung bereitstellt. Zur Ermittlung der tatsächlichen bewegten Masse des Fahrzeugs können Sensoren für das Fahrzeugfederungssystem und/oder einer Niveauekontrolle dienen. Falls das Fahrzeugbremssystem ebenfalls eine Steuerung umfasst, können auch von dieser bereitgestellten Daten verwendet werden.

10

15

Zur Bestimmung der tatsächlich vorliegenden aktuellen Bremsflächentemperatur ist es vorgesehen, eine Bremsflächentemperatur zugrunde zu legen, die die Bremsflächen beim Stillstand des Fahrzeugs, insbesondere nach einem längeren Stillstand des Fahrzeugs aufweisen. Vorteilhafterweise wird hier auch die Umgebungstemperatur

20

Um ferner Temperaturänderungen der Bremsflächen zu bestimmen, die sich bei einer Fahrzeugbewegung mit konstanter Geschwindigkeit ergibt, kann die Bremsflächentemperaturbestimmung in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit erfolgen. Vorzugsweise werden hierbei eine oder mehrere Größen ermittelt, die den Grad einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems angeben. Basierend auf dieser oder diesen Größen für eine Aktivierung des Fahrzeugbremssystems, die zu keiner Fahrzeugverzögerung oder -beschleunigung führt, und der Fahrzeuggeschwindigkeit kann dann

25

die Bremsflächentemperatur, beispielsweise durch eine Bestimmung der kinetischen Energie des Fahrzeugs, ermittelt werden.

- 5 Alternativ oder ergänzend ist es vorgesehen, für Betriebszustände des Fahrzeugs, in denen keine Verzögerungen oder Beschleunigungen auftreten, auf die Bremsflächen wirkende Kräfte für eine Temperaturbestimmung zu ermitteln.

- 10 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird basierend auf der Temperatur und/oder Temperaturänderung einer oder mehreren Bremsflächen ein Verschleiß derselben ermittelt. Hierfür können mathematische modellierte und/oder empirisch ermittelte Definitionen verwendet werden, die den Zusammenhang von Temperatur bzw. Temperaturänderung einer Bremsfläche und dem daraus resultierenden Verschleiß derselben beschreiben.

- 15 Der Verschleiß der Bremsfläche kann auch ermittelt werden, indem eine Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs bestimmt und, vergleichbar zu der oben beschriebenen Ermittlung der Temperatur bzw. Temperaturänderung der Bremsfläche, daraus der Verschleiß berechnet wird.

- 20 Vorzugsweise sind Angaben, die den Zusammenhang von Temperatur bzw. Temperaturänderung einer oder mehreren Bremsflächen und/oder von einer Änderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs einerseits und dem daraus resultierenden Verschleiß der Bremsfläche andererseits charakterisieren, in einem oder mehreren Kennfeldern der Steuereinheit (ECU) des Fahrzeugs gespeichert.

25

Um den Betrieb des Fahrzeugbremssystems auch hinsichtlich des Verschleißes der Bremsfläche zu optimieren, werden die Bremskräfte an der Bremsfläche in Abhängigkeit des Verschleißes gesteuert. Dabei ist es vorgesehen, eine der beiden zuvor ge-

nannten Arten, den Bremsflächenverschleiß zu ermitteln, oder beide Berechnungsarten abwechselnd oder gleichzeitig zur gegenseitigen Überprüfung einzusetzen.

Es kann ein Verschleißfaktor verwendet werden, um in Verknüpfung mit der Temperatur bzw. Temperaturänderung der Bremsfläche und/oder der Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs den Bremsflächenverschleiß zu bestimmen. Vorzugsweise werden für Fahrzustände, in denen das Fahrzeugbremssystem aktiviert ist, und für Fahrzustände, in denen das Fahrzeugbremssystem nicht aktiviert ist, unterschiedliche Verschleißfaktoren verwendet.

Ferner stellt die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung für ein Fahrzeugbremssystem bereit, die Einrichtungen, Einheiten, Komponenten und dergleichen umfasst, die eingerichtet und programmiert sind, die Temperatur einer oder mehrerer Bremsflächen in Abhängigkeit einer Verzögerung oder Beschleunigung eines Fahrzeugs bei aktiviertem Fahrzeugbremssystem zu bestimmen. Außerdem stellt die vorliegende Erfindung ein eine derartige Vorrichtung umfassendes Fahrzeugbremssystem bereit.

### **Kurzbeschreibung der Figur**

Bei der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen wird auf die beige-fügte Zeichnung Bezug genommen, in der:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeuges mit einer erfindungsgemäßen Temperaturbestimmung ist.

### **Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen**

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen am Beispiel eines Kraftfahrzeuges (Auto) mit einer elektronischen Steuereinheit ECU und einem elektronisch und durch einen Fahrzeugführer steuerbaren Fahrzeugbremssystem BS erläutert. Ferner werden Temperaturbestimmungen für eine Bremsfläche BD einer Radbremse (nicht bezeichnet) des Fahrzeugbremssystems BS beschrieben, wobei es vorgesehen ist, Bremsflächentemperaturbestimmungen auf diese Weise für mehrere oder alle Bremsflächen BD des Fahrzeugs durchzuführen.

Zur Durchführung von Temperaturbestimmungen einzelner oder mehrerer Bremsflächen BD ist eine Einrichtung TEMP vorhanden, die eingerichtet und programmiert ist, einzelne, mehrere oder alle im Folgenden beschriebenen zur Bremsflächentemperaturbestimmung durchzuführen. Des Weiteren ist eine Speichereinrichtung MEM vorgesehen, die der Temperaturbestimmungseinrichtung TEMP zugeordnet ist und, beispielsweise wie im Folgenden erläutert, Kennfelder speichert. Wie durch die gestrichelten Linien in Fig. 1 angedeutet, kann die Speichereinrichtung MEM auch dem Fahrzeugbremssystem BS und/oder der Fahrzeugsteuereinheit ECU zugeordnet sein. Auch wenn die Komponenten ECU, BS, TEMP und MEM in Fig. 1 separat dargestellt sind, ist es vorgesehen, dass einzelne, mehrere oder alle Komponenten baueinheitlich integriert sind (in Folgendem werden übersichtshalber die Bezugszeichen der bis hierher genannten Komponenten weggelassen).

Grundsätzlich wird beim Verzögern oder Beschleunigen des Fahrzeugs ein konstanter Anteil der Änderung dessen kinetischer Energie den Bremsen und insbesondere den Bremsflächen des Fahrzeugbremssystems zugeführt, wenn dieses beim Verzögern oder Beschleunigen aktiviert ist. Somit lässt sich die einer Bremsfläche zugeführte thermische Energie  $W_{\text{therm},b}$  in Abhängigkeit einer Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs  $\Delta W_{\text{kin},v}$  wie folgt darstellen:

$$W_{\text{therm},d} = \Delta W_{\text{kin},v} * k,$$



wobei  $k$  ein fahrzeugspezifischer und insbesondere ein für das Fahrzeugbremsssystem spezifischer Faktor ist, der zwischen Null und Eins liegt und den als thermische Energie zugeführten Energieanteil charakterisiert.

5

Zur Berechnung der Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs wird als Ausgangswert die kinetische Energie zugrunde gelegt, die sich aus der Masse der Fahrzeugs und der Fahrzeuggeschwindigkeit ergibt, mit der sich das Fahrzeug zu Beginn der Verzögerung oder der Beschleunigung bewegt. Im Fall einer Verzögerung des Fahrzeuges, d.h. beim Beginn eines Bremsvorgangs, wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu einem Zeitpunkt ermittelt, der im Wesentlichen mit der Aktivierung des Fahrzeugbremsystems zusammenfällt. Im Gegensatz dazu ist es im Fall einer Fahrzeugbeschleunigung möglich, dass der Zeitpunkt, an dem die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt wird, vor oder nach einer Aktivierung des Fahrzeugbremsystems liegt, wenn das Fahrzeugbremsystem beim Beschleunigen schon bzw. noch aktiviert ist bzw. erst während des Beschleunigungsvorgangs aktiviert wird.

10  
15  
20

Die als Ausgangswert zugrunde gelegte kinetische Energie  $W_{\text{kin,start}}$  des Fahrzeugs mit einer Masse  $m$  und der, wie oben beschrieben ermittelten, zu Beginn des Bremsvorganges vorliegenden Geschwindigkeit  $v_{\text{start}}$  kann wie folgt berechnet werden:

$$W_{\text{kin,start}} = 0,5 * m * v_{\text{start}}^2.$$

25

Zur Berechnung der kinetischen Energie des Fahrzeugs am Ende des Messzeitraums, der im Allgemeinen mit der Beendigung der Aktivierung des Fahrzeugbremsystems endet oder, wenn für eine Aktivierung des Fahrzeugbremsystems mehrerer Messzeiträume verwendet werden, in dem Zeitraum liegt, in dem das Fahrzeugbremsystem aktiviert ist, wird die Fahrzeugverzögerung oder -beschleunigung für den Messzeit-

raum und die Dauer desselben ermittelt. Die am Ende des Messzeitraums vorliegende kinetische Energie  $W_{kin,b}$  des Fahrzeugs kann dann wie folgt berechnet werden:

$$W_{kin,b} = 0,5 * a_b^2 * t_b^2 * m,$$

5

wobei  $a_b$  die Verzögerung oder Beschleunigung des Kraftfahrzeugs und  $t_b$  die Dauer des Messzeitraums charakterisieren.

10 Aus diesen Werten für die kinetische Energie des Fahrzeugs kann die Änderung der kinetischen Energie und daraus die der Bremsfläche zugeführte thermische Energie  $W_{therm,b}$  berechnet werden:

$$W_{therm,b} = 0,5 * k * m * (v_{start}^2 + a_b^2 * t_b^2),$$

15 wobei ein negativer Wert für  $a_b$  eine Fahrzeugverzögerung und ein positiver Wert für  $a_b$  eine Fahrzeugbeschleunigung angeben.

20 Zur Ermittlung der Fahrzeugverzögerung oder -beschleunigung  $a_b$  kann auf Einrichtungen (z.B. Verzögerungssensoren) des Fahrzeugbremssystems und/oder auf Daten der Fahrzeugsteuerung, die beispielsweise die Drehzahlen der Räder angeben, zurückgegriffen werden.

25 Da die Bremsfläche beim Betrieb des Fahrzeugs nicht nur thermische Energie aufgrund einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems erhält, sondern auch durch andere thermische Quellen erwärmt und aufgrund des Fahrzeugbetriebs und/oder aktiver Kühlvorrichtungen gekühlt wird, werden entsprechende Korrekturgrößen verwendet, die für eine genauere Bestimmung der Bremsflächentemperatur sorgen. Die aufgrund des Fahrzeugbetriebs erzeugte Abkühlenergie  $W_{therm,c}$ , die in erster Linie eine Kühlung aufgrund des durch die Fahrzeuggeschwindigkeit entstehenden Fahrt-

windes darstellt, ist eine Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit. Da Fahrzeuge üblicherweise nicht mit Sensoren ausgestattet sind, die die kühlende Wirkung des Fahrtwindes erfassen, werden, wenn nicht entsprechende zusätzliche Sensoren vorgesehen sind, von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängige Kennfelder verwendet werden, die unterschiedlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten entsprechende für die Bremsfläche wirksame Abkühlenergien  $W_{\text{therm},c}$  zuordnen. Diese Kennfelder sind der Fahrzeugsteuerung und/oder dem Fahrzeugbremssystem zugeordnet oder in einer Speichereinrichtung derselben gespeichert (siehe Fig. 1: MEM). Zur Berechnung der aktuellen Abkühlenergie  $W_{\text{therm},c}$  wird für die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit ein entsprechender Wert aus den Kennfeldern ausgelesen. Hierbei können auch Interpolationsverfahren verwendet werden, wenn für die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit kein entsprechender Wert zur Verfügung steht.

Befindet sich das Fahrzeug im Stillstand (Fahrzeuggeschwindigkeit = 0) kann die Abkühlenergie  $W_{\text{therm},c}$  in Abhängigkeit einer Funktion ermittelt werden, die den Ankühlverlauf für das Fahrzeugbremssystem und insbesondere für die Bremsfläche im Stillstand, d.h. im Wesentlichen ohne weitere Faktoren, die für eine Abkühlung sorgen, charakterisiert. Hierbei kann berücksichtigt werden, ob das Fahrzeugbremssystem beim Stillstand des Fahrzeugs vollständig, teilweise oder überhaupt nicht aktiviert ist, d.h. ob an der Bremsfläche Kräfte wirken oder nicht. Dies ist beispielsweise zu berücksichtigen, wenn das Fahrzeugbremssystem als Feststellbremse oder Parkbremse arbeitet, bei denen das Fahrzeug im Stillstand gehalten wird, indem auf die Bremsflächen wirkende Kräfte erzeugt werden. Im einfachsten Fall wird eine lineare Funktion verwendet, die die Abgabe thermischer Energie von der Bremsfläche in Abhängigkeit der Zeit angibt.

In Abhängigkeit des Abbaus des Fahrzeugs und des Fahrzeugbremssystems insbesondere der Radbremsen bzw. der Anordnung der Bremsflächen können sich die Bremsflächen aufgrund thermischer Energie erwärmen, die von anderen Wärmequel-

len stammt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Bremsfläche in der Nähe des Fahrzeugmotors oder anderer Wärmeabstrahlender Komponenten, wie z.B. der Abgasanlage des Fahrzeugs, angeordnet ist und/oder das Fahrzeugbremsssystem Aktuatoren, Elektromotoren und dergleichen umfasst, die sich in der Nähe der Bremsfläche befinden.

Somit kann die thermische Energie  $W_{\text{therm},b}$  der Bremsfläche wie folgt berechnet werden:

$$W_{\text{therm},b} = 0,5 * k * m (v_{\text{start}}^2 + a_b^2 * t_b^2) - W_{\text{therm},c} + W_{\text{therm},h}.$$

Aus der thermischen Energie  $W_{\text{therm},b}$ , die der Bremsfläche wirksam zugeführt ist, wird dann unter Berücksichtigung thermischer Charakteristika der Bremsfläche deren Temperatur ermittelt.

Bewegt sich in das Fahrzeug mit einer konstanten Geschwindigkeit und ist dabei das Fahrzeugbremsssystem nicht aktiviert, werden bei der Berechnung der Bremsflächentemperatur (en) beweglich die thermischen Energien  $W_{\text{therm},c}$  und  $W_{\text{therm},h}$  berücksichtigt.

Ferner gibt es Betriebszustände, in denen das Fahrzeug keine Geschwindigkeitsänderung erfährt, d.h. sich im Stillstand befindet oder mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt wird, und dabei das Fahrzeugbremsssystem wenigstens kurzfristig für eine, mehrere oder alle Räder aktiviert ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn sich das Fahrzeug auf einer geneigten Fahrbahn befindet oder bewegt und der Stillstands- oder eine gewünschte konstante Geschwindigkeit beibehalten wird, indem das Fahrzeugbremsssystem durch Betätigung seitens eines Fahrzeugführers und/oder gesteuert Bremskräfte erzeugt. Weitere Beispiele hierfür sind Fahrzustände des Fahrzeugs, in denen das Fahrzeugbremsssystem durch eine eigene Steuerung und/oder

durch die Fahrzeugsteuerung gesteuert so aktiviert wird, dass Funktionen eines Antiblockiersystems, einer Traktionskontrolle, eines elektronischen Stabilitätsprogrammes, einer Antischlupfregelung und dergleichen bereitgestellt werden.

- 5 Da jede Aktivierung des Fahrzeugbremssystems zu einer Änderung der Temperaturen der Bremsflächen führt, können für eine genauere Bestimmung der Bremsflächentemperaturen auch solche Fahrzustände berücksichtigt werden. Der zugrunde liegende Ansatz, zur Bremsflächentemperaturbestimmung für das Fahrzeug wirksame Verzögerungen und Beschleunigungen zu verwenden, findet auch hier Anwendung.
- 10 Die eingangs verwendeten Verzögerungs- und beschleunigungsvorgänge führen zu einer Änderung der Fahrzeuggeschwindigkeit, d.h. sie stellen Fahrzeugverzögerungen und -beschleunigungen dar. Hier werden nun Verzögerungen und Beschleunigungen zugrunde gelegt, die nicht die Fahrzeuggeschwindigkeit betreffen, sondern Verzögerungen und Beschleunigungen die an den einzelnen Rädern wirken.
- 15 Hierfür werden beispielsweise unter Verwendung der Fahrzeugsteuerung an den Rädern, an denen das Fahrzeugbremssystem Bremskräfte erzeugt, Verzögerungen oder Beschleunigungen sowie die Zeit ermittelt, während der Bremskräfte wirken. Daraus kann die Änderung der kinetischen Energie eines Rades, an dem Bremskräfte wirken,
- 20 und basierend darauf die dem Rad zugeführte thermische Energie ermittelt werden. Um die Änderung der kinetischen Energie eines Rades zu bestimmen, kann, vergleichbar zu den bisherigen Ausführungen, als Ausgangswert die kinetische Energie des Rades, die sich aus der Winkelgeschwindigkeit des Rades ergibt, und/oder eine zuvor ermittelte kinetische Energie zugrunde gelegt werden, die sich aus der jeweiligen
- 25 Verzögerung bzw. Beschleunigung ergibt.

Ferner ist es hier möglich, die einer Bremsfläche zugeführte thermische Energie zu ermitteln, indem die an den Rädern wirkenden Bremskräfte erfasst oder ermittelt werden, um in Verbindung mit den an den Rädern wirkenden Verzögerungen bzw.

Beschleunigungen und den entsprechenden Zeiträumen, in denen Bremskräfte vorliegen, die an den Rädern verrichtete Arbeit und daraus die den jeweiligen Bremsflächen zugeführte thermische Energie zu bestimmen.

- 5 Die beiden zuletzt genannten Wege, Bremsflächentemperaturen zu bestimmen, können alternativ oder gemeinsam verwendet werden, was in letzterem Fall zu einem redundanten Verfahren führt, welches die Temperaturbestimmung verbessern kann.

- 10 Die eingangs beschriebene Temperaturbestimmung auf der Grundlage einer Fahrzeugverzögerung oder -beschleunigung ist einfacher durchzuführen, da hierfür nur eine Verzögerung bzw. Beschleunigung erfasst wird. Dementsprechend ist diese Vorgehensweise insbesondere für Fahrzeuge geeignet, bei denen die Fahrzeugsteuerung (ECU) und die Steuerung des Fahrzeugbremssystems keine Informationen über Verzögerungen und Beschleunigungen an einzelnen Rädern liefern. Ferner stellt dies eine Lösung für Fahrzeuge dar, die keine Einrichtungen umfassen, die Informationen über an dem Fahrzeug wirkende Verzögerungen und Beschleunigungen bereitstellen. Bei solchen Fahrzeugen wäre es lediglich erforderlich, Einrichtungen, wie z.B. Rech-  
15 nereinheiten, Speichereinheiten, Sensoren und dergleichen, zu ergänzen, die wenigstens eine Fahrzeugverzögerung bzw. -beschleunigung erfassen und daraus Bremsflächentemperaturen berechnen können.  
20

- Die Bestimmung von Bremsflächentemperaturen auf der Grundlage von an einzelnen Rädern wirksamen Verzögerungen und Beschleunigungen kann bei entsprechend ausgestatteten Fahrzeugen alternativ oder ergänzend zu der auf einer Fahrzeugver-  
25 zögerung bzw. -beschleunigung basierenden Temperaturbestimmung für Bremsflächen eingesetzt werden.

Die Bremsflächentemperaturbestimmung auf der Grundlage einer Fahrzeugverzögerung oder -beschleunigung ist schneller durchzuführen, da nicht die einzelnen Räder

überwacht werden müssen. Dies kann zu einer ungenauen Bremsflächentemperaturbestimmung führen, da hierbei davon ausgegangen wird, dass bei einer Verzögerung oder Beschleunigung des Fahrzeugs die an die Bremsflächen übertragenen thermischen Energien im wesentlichen gleich sind. Bei Fahrzeugen, bei denen dies nicht  
5 gewährleistet werden kann, oder zur Überprüfung einer solchen Temperaturbestimmung, ist die Temperaturbestimmung für Bremsflächen basierend auf an den einzelnen Rädern wirksamen Verzögerungen bzw. Beschleunigungen als alternatives bzw. redundantes Verfahren geeignet.

- 10 Ein Beispiel für die Verwendung der Bestimmung der Temperatur einer Bremsfläche ist ein Fahrzeugbremssystem, das als Feststellbremse oder Parkbremse arbeitet. Um ein Fahrzeug im Stillstand gegen Wegrollen zu sichern, ist es erforderlich, dass die Feststellbremse eine entsprechende minimale Bremswirkung erzeugt. Hierfür werden  
15 normalerweise die durch die Feststellbremse auf die Bremsflächen wirkenden Kräfte, im Folgenden kurz Zuspannkräfte, auf einen gewünschten, vorbestimmten Wert eingestellt. Wenn sich beispielsweise nach einem längeren Fahrbetrieb des Fahrzeugs die Bremsflächen erwärmt und dadurch ausgedehnt haben, nehmen die für den ausgedehnten Zustand der Bremsflächen eingestellten Zuspannkräfte ab, wenn sich die Bremsflächen im Stillstand abkühlen. Für einen in der Praxis auftretenden Fall liegt  
20 beispielsweise die Temperatur der Bremsflächen in der Größenordnung von 700°C, wobei die Zuspannkräfte in der Größenordnung von 15 kN liegen. Nach einem Abkühlen der Bremsflächentemperatur auf eine Größenordnung von 350°C und einer damit verbundenen Verkleinerung der Bremsflächen, dem sogenannten Belagschrumpfen, liegen die Zuspannkräfte nur noch in der Größenordnung von 9 kN. Dies  
25 kann dazu führen, dass das Fahrzeug nicht mehr gegen ein Wegrollen gesichert ist. Wenn man, wie oben beschrieben, die Bremsflächentemperatur beim Abstellen des Fahrzeugs bestimmt hat, ist es dann möglich, im Stillstand des Fahrzeugs ausgehend von der beim Erreichen des Stillstands vorliegenden Bremsflächentemperatur deren Abfall zu ermitteln und dementsprechend die Zuspannkräfte zu erhöhen. Im Allge-

meinen folgt der Abfall der Zuspännkräfte beim Abkühlen der Bremsflächen einer Exponentialfunktion, weshalb ein erstmaliges Erhöhen der Zuspännkraft in der Regel bereits nach einer Zeit von etwa 3 Minuten erforderlich ist.

- 5 Eine weitere Größe, die beim Betrieb eines Fahrzeugbremssystems berücksichtigt werden kann, ist der Verschleiß von Bremsflächen. Verschleiß von Bremsflächen resultiert - sowohl im Fahrbetrieb als auch im Stillstand eines Kraftfahrzeuges - aus auf diese wirkenden Kräfte. Beim Bremsen werden solche Kräfte durch ein Fahrzeugbremssystem selbsttätig und/oder unter Steuerung eines Fahrzeugführers erzeugt,
- 10 um eine gewünschte Bremswirkung zu erzielen, d.h. eine gewünschte Menge kinetischer Energie eines Kraftfahrzeugs umzusetzen. Aber auch bei Fahrzuständen, in denen keine durch ein Fahrzeugbremssystem erzeugte Kräfte auf Bremsflächen wirken, d.h. im ungebremsten Fahrbetrieb, können Kräfte an den Bremsflächen auftreten, die zu deren Verschleiß beigetragen. Solche Kräfte können beispielsweise durch
- 15 Fremdkörper (z.B. Staub, Schmutz, körnige Partikel, Schlamm, etc.) hervorgerufen werden, die sich an einer Bremsfläche anlagern oder zumindest in Wechselwirkung mit dieser treten. Verschleiß einer Bremsfläche kann im ungebremsten Fahrbetrieb auch durch einen "Schlag" der Bremsfläche, d.h. einer Verformung, Unwucht, und dergleichen der Bremsfläche, verursacht werden, aufgrund dessen zumindest auf
- 20 einzelne Bereiche der Bremsfläche Kräfte wirken, obwohl von dem Fahrzeugbremssystem keine Bremskräfte erzeugt werden.

Da Verschleiß einer Bremsfläche Auswirkungen auf damit erreichbare Bremswirkungen hat, kann eine Verbesserung des Verfahrens für ein Fahrzeugbremssystem erreicht werden, wenn Bremsflächenverschleiß berücksichtigt wird.

25

Einerseits besteht für eine Bremsfläche zwischen auf sie wirkenden Kräften und daraus resultierendem Verschleiß ein beschreibbarer Zusammenhang, der mathematisch modelliert und/oder empirisch ermittelt gefasst werden kann und beispielsweise in



Kennfeldern in der Steuereinheit (ECU) des Fahrzeugs gespeichert sein kann. Je nach Genauigkeit, mit der der Zusammenhang von auf eine Bremsfläche wirkenden Kräften und dem daraus resultierenden Bremsflächenverschleiß wiedergegeben werden soll, können bremsflächenspezifische und/oder fahrzeugspezifische Faktoren, während einer, mehrerer und insbesondere mehrerer aufeinanderfolgender Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems sowohl im Fahrbetrieb als auch im Stillstandszustand auf eine Bremsfläche wirkende Maximalkräfte, während eines Zeitraums, insbesondere während einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems in Summe, im Mittel etc. auftretende auf eine Bremsfläche wirkende Kräfte und dergleichen berücksichtigt werden.

Andererseits führen auf eine Bremsfläche wirkende Kräfte zu einer Temperaturänderung derselben.

Dementsprechend ist es möglich zur Ermittlung des Verschleißes einer Bremsfläche eine Beschreibung zu verwenden, die den Zusammenhang zwischen Verschleiß und einer Temperatur bzw. Temperaturänderung der Bremsfläche wiedergibt. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass nicht nur Temperaturänderungen einer Bremsfläche aufgrund von auf sie wirkenden Kräften sondern auch aufgrund anderer Einflüsse berücksichtigt werden können. Solche Temperatureffekte können angesichts von möglichen Bremsflächentemperaturen von bis zu 750 Grad Celsius und darüber unter normalen Betriebsbedingungen als vernachlässigbar eingestuft werden. Wenn das Fahrzeug allerdings unter extremen Umgebungstemperaturen (z.B. in der Wüste, in der Arktis oder Antarktis, in Minen oder unter Tage) betrieben wird, können auch diese Temperatureffekte nachweisbar zum Verschleiß einer Bremsfläche führen.

Wie oben ausgeführt, wird die Temperatur einer Bremsfläche ermittelt, um in Abhängigkeit derselben Bremskräfte an der Bremsfläche steuern. Folglich liegen Informationen über die Bremsflächentemperatur vor, die zur Ermittlung des Verschleißes der

5 Bremsfläche verwendet werden können. Grundsätzlich reicht es aus, die Temperatur einer Bremsfläche zu kennen, um unter Verwendung eines geeigneten (mathematischen/empirischen) Modells auf deren Verschleiß zu schließen. Die Kenntnis des aktuellen Verschleißzustandes einer Bremsfläche ermöglicht es, alternativ oder ergänzend zu den oben genannten Möglichkeiten die Höhe von Bremskräften an der Bremsfläche verschleißabhängig zu steuern.

10 Angesichts der zum Teil recht komplexen Modelle, die den temperaturabhängigen Verschleiß einer Bremsfläche beschreiben, wird im Folgenden lediglich aus Gründen der Anschaulichkeit ein Modell zugrundegelegt, bei dem zwischen temperaturabhängigem Verschleiß einer Bremsfläche bei Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems (Bremsbetrieb) und temperaturabhängigem Verschleiß ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems (ungebremstes Fahren) unterschieden wird. Hierfür werden ein Verschleißfaktor  $VerFT_{brems}$  zur Ermittlung des Verschleißes bei Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems und Verschleißfaktor  $VerFT_{unbrems}$  zur Ermittlung des Verschleißes ohne Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems verwendet.

20 Der Verschleiß  $BrVer(T)$  einer Bremsfläche in Abhängigkeit von deren Temperatur  $T$  kann dann für eine Aktivierung des Fahrzeugbremssystems wie folgt ermittelt werden:

$$BrVer(T) = F_{brems}(T) * F(VerFT_{brems}) ,$$

25 wobei die Funktion  $F_{brems}(T)$  angeben kann, dass zur Verschleißberechnung eine (maximale) Temperatur, eine Temperaturänderung, eine gemittelte Temperatur, ein Temperaturverlauf, Temperaturgradienten, ein Integral über die während einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems sowohl im Fahrbetrieb als auch im Stillstand auf-

tretenden Temperaturen oder -änderungen und dergleichen verwendet wird (werden).

Die Funktion  $F(\text{VerFT}_{\text{brems}})$  kann beispielsweise eine Multiplikation mit oder eine Division durch den Verschleißfaktor  $\text{VerFT}_{\text{brems}}$  und/oder eine lineare oder nicht lineare Berücksichtigung des Verschleißfaktor  $\text{VerFT}_{\text{brems}}$  (z.B. eine Potenz- oder Exponentialfunktion) angeben. Dies gilt auch für die im Folgenden genannten Verschleißfaktoren betreffenden Funktionen.

- 5     10     Ohne Aktivierung des Fahrzeugbremsystems kann der Verschleiß  $\text{BrVer}(T)$  einer Bremsfläche in Abhängigkeit von deren Temperatur  $T$  wie folgt bestimmt werden:

$$\text{BrVer}(T) = F_{\text{unbrems}}(T) * F(\text{VerFT}_{\text{unbrems}}),$$

- 15     wobei die Funktion  $F_{\text{unbrems}}(T)$  angeben kann, dass zur Verschleißberechnung eine (maximale) Temperatur, eine Temperaturänderung, eine gemittelte Temperatur, ein Temperaturverlauf, Temperaturgradienten, ein Integral über die während eines vorbestimmten Zeitraums (z.B. zwischen aufeinanderfolgenden Aktivierungen des Fahrzeugbremsystems) auftretenden Temperaturen bzw. -änderungen und dergleichen  
20     verwendet wird (werden).

- Wie oben beschrieben, ist es vorgesehen, die Temperatur der Bremsfläche in Abhängigkeit einer Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs aufgrund einer Aktivierung des Fahrzeugbremsystems zu bestimmen. Folglich ist es auch möglich, den  
25     Verschleiß einer Bremsfläche aus einer Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs zu ermitteln. Im Folgenden wird auch hier zwischen einem Verschleiß bei einer Aktivierung des Fahrzeugbremsystems und einem Verschleiß ohne Aktivierung des Fahrzeugbremsystems unterschieden. Für den ersten Fall wird ein Verschleißfaktor

VerFW<sub>brem</sub> zur Ermittlung der Verschleißes bei Aktivierung des Fahrzeugbremssystems verwendet.

- 5 Der Verschleiß BrVer( $W_{kin}$ ) einer Bremsfläche in Abhängigkeit von Änderungen der kinetischen Energie  $W_{kin}$  des Fahrzeugs kann dann für eine Aktivierung des Fahrzeugbremssystems wie folgt ermittelt werden:

$$\text{BrVer}(W_{kin}) = F_{brem}(W_{kin}) * F(\text{VerFW}_{brem}),$$

- 10 wobei die Funktion  $F_{brem}(W_{kin})$  angeben kann, dass zur Verschleißberechnung eine (maximale) Änderung der kinetischen Energie, eine gemittelte Änderung der kinetischen Energie, ein Verlauf der Änderung der kinetischen Energie, Gradienten von Änderungen der kinetischen Energie, ein Integral über die während einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems sowohl im Fahrbetrieb als auch im Stillstand auftretenden Änderung der kinetischen Energie und dergleichen verwendet wird (werden). Zur  
15 Berechnung der kinetischen Energie des Fahrzeugs bzw. deren Änderung wird auf die oben gemachten Ausführungen verwiesen.

- 20 Da sich im Allgemeinen ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems die kinetische Energie des Fahrzeugs nicht ändert, ist es vorteilhaft, die Ermittlung des Verschleißes einer Bremsfläche, wie oben beschrieben, in Abhängigkeit von deren Temperatur durchzuführen. Als Alternative zu dieser Bestimmung des Verschleißes einer Bremsfläche kann - sowohl in Kombination mit einer temperaturabhängigen Verschleißermittlung als auch in Kombination mit einer Verschleißermittlung in Abhängigkeit von  
25 Änderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs bei aktiviertem Fahrzeugbremssystem - ein Betriebszustand des Fahrzeugs zugrundegelegt werden. So kann z B. die Kilometerleistung(Fahrleistung) und/oder Geschwindigkeit des Fahrzeugs berücksichtigt werden, da sich auch ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems der Verschleiß einer Bremsfläche erhöht, je länger das Fahrzeug bewegt wird und/oder je

höher die Fahrzeuggeschwindigkeit ist. Hierbei wird ein Verschleißfaktor  $VerFBz_{unbrems}$  zur Ermittlung des Verschleißes ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems verwendet. Der Verschleiß  $BrVer(Bz)$  einer Bremsfläche in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Fahrzeugs kann dann wie folgt bestimmt werden:

5

$$BrVer(Bz) = F_{unbrems}(Bz) * F(VerFBz_{unbrems}),$$

wobei die Funktion  $F_{unbrems}(Bz)$  angeben kann, dass zur Verschleißberechnung die aktuelle Gesamtkilometerleistung des Fahrzeugs, eine Kilometerleistung während eines  
10 vorbestimmten Zeitraums (z.B. zwischen aufeinanderfolgender Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems oder nach einer Wartung oder einem Austausch der Bremsfläche), die aktuelle Geschwindigkeit des Fahrzeugs, eine gemittelte Geschwindigkeit, ein Geschwindigkeitsverlauf, Geschwindigkeitsgradienten, ein Integral über die  
während eines vorbestimmten Zeitraums (z.B. zwischen aufeinanderfolgenden Akti-  
15 vierungen des Fahrzeugbremssystems) auftretenden Geschwindigkeiten bzw. -änderungen und dergleichen verwendet wird (werden).

Als konkretes Beispiel für eine Verschleißbestimmung einer Bremsfläche in Abhängigkeit von Änderungen der kinetischen Energie des Fahrzeugs wird, vergleichbar zu der  
20 oben erläuterten Berechnung der thermischen Energie einer Bremsfläche, die ermittelte kinetische Energie des Fahrzeugs summiert, um daraus unter Berücksichtigung eines für eine Aktivierungen des Fahrzeugbremssystems vorgesehenen Verschleißfaktors den Verschleiß zu berechnen. So kann z.B. der Verschleiß  $BrVer(W_{kin})$  einer Bremsfläche bei Aktivierung des Fahrzeugbremssystems wie folgt ermittelt werden:

25

$$BrVer(W_{kin}) = \sum (W_{kin}) / F(VerFW_{brems}),$$

wobei der Verschleißfaktor empirisch ermittelt und vorteilhafterweise in Form von Kennfeldern in der Steuereinheit (ECU) des Fahrzeugs sein kann. Durchgeführte ex-

perimentelle Überprüfungen für dieses Beispiel haben ergeben, dass bei einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems der Bremsflächenverschleiß zwischen 0,5 und 2  $\mu\text{m}/\text{kJ}$  liegt.

- 5 Als konkretes Beispiel für eine Verschleißbestimmung einer Bremsfläche in Abhängigkeit von Betriebszuständen des Fahrzeugs wird dessen Fahrleistung in Kilometern verwendet und mit dem entsprechenden Verschleißfaktor multipliziert:

$$\text{BrVer}(\text{Bz}) = (\text{Kilometer}) * \text{F}(\text{VerFBz}_{\text{unbrems}}),$$

10

wobei auch hier der Verschleißfaktor empirisch ermittelt und vorteilhafterweise in Form von Kennfeldern in der Steuereinheit (ECU) des Fahrzeugs sein kann. Durchgeführte experimentelle Überprüfungen für dieses Beispiel haben ergeben, dass ohne Aktivierung des Fahrzeugbremssystems der Bremsflächenverschleiß bei etwa 0,3 mm pro 10.000 km Fahrleistung liegt.

15

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Verfahren für ein Fahrzeugbremssystem, bei dem die Temperatur einer  
Bremsfläche in Abhängigkeit einer Verzögerung oder einer Beschleunigung bei  
5 aktiviertem Fahrzeugbremssystem bestimmt wird, und die Höhe von Brems-  
kräften auf die Bremsfläche aufgrund einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems in Abhängigkeit der Temperatur der Bremsfläche gesteuert wird, mit  
folgenden Schritten:
  - Erzeugen von Bremskräften an der Bremsfläche, um einen gewünschten  
10 Fahrzustand für das Fahrzeug zu erreichen oder beizubehalten,
  - Bestimmen der Temperatur der Bremsfläche,
  - Bestimmen der Bremskräfte an der Bremsfläche,
  - Ermitteln einer Temperaturänderung der Bremsfläche, und
  - Steuern der Höhe der Bremskräfte an der Bremsfläche, wenn die  
15 Bremskräfte aufgrund der Temperaturänderung der Bremsfläche nicht geeignet sind, den gewünschten Fahrzustand für das Fahrzeug zu erreichen oder  
beizubehalten.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Steuern der Höhe der Bremskräfte  
20 an der Bremsfläche in Abhängigkeit der Temperaturänderung der Bremsfläche  
und das gewünschten Fahrzustandes für das Fahrzeug durchgeführt wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, mit folgenden Schritten:
  - Erzeugen von Bremskräften an der Bremsfläche, um das Fahrzeug im  
25 Stillstand zu halten,
  - Bestimmen der Temperatur der Bremsfläche im Stillstand des Fahrzeuges,
  - Bestimmen der Bremskräfte an der Bremsfläche,
  - Ermitteln einer Temperaturänderung der Bremsfläche, und

- Erhöhen der Bremskräfte an der Bremsfläche, wenn die Bremskräfte aufgrund der Temperaturänderung der Bremsfläche nicht ausreichen, das Fahrzeug im Stillstand zu halten.

- 5 4. Verfahren gemäß einen der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur-  
änderung der Bremsfläche durch wenigstens zweimal wiederholtes Bestimmen  
der Temperatur der Bremsfläche ermittelt wird.
- 10 5. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur-  
änderung der Bremsfläche in Abhängigkeit einer thermischen Energie ermittelt  
wird, die die Bremsfläche im Stillstand des Fahrzeuges abgibt.
- 15 6. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur  
der Bremsfläche in Abhängigkeit einer Verzögerung oder Beschleunigung des  
Fahrzeugs und/oder in Abhängigkeit einer Verzögerung oder Beschleunigung  
eines entsprechenden Rades des Fahrzeugs bestimmt wird.
- 20 7. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur  
der Bremsfläche in Abhängigkeit der Dauer bestimmt wird, für die das Fahr-  
zeugbremssystem aktiviert ist.
- 25 8. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur  
der Bremsfläche in Abhängigkeit einer Änderung der kinetischen Energie des  
Fahrzeugs aufgrund der Aktivierung des Fahrzeugbremssystems und/oder in  
Abhängigkeit der kinetischen Energie des Rades bei aktiviertem Fahrzeug-  
bremssystem bestimmt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur  
der Bremsfläche in Abhängigkeit von thermischer Energie bestimmt wird, die



der Bremsfläche im Wesentlichen unabhängig von der Aktivierung des Fahrzeugbremsystems zugeführt wird.

- 5 10. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Temperatur der Bremsfläche in Abhängigkeit einer thermischen Energie bestimmt wird, die die Bremsfläche abgibt.
- 10 11. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, mit folgenden Schritten:
- Ermitteln einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs beim Aktivieren des Fahrzeugbremsystems,
  - Ermitteln einer Verzögerung oder Beschleunigung bei aktiviertem Fahrzeugbremsystem,
  - Bestimmen einer ersten kinetischen Energie unter Verwendung der ermittelten Geschwindigkeit,
  - 15 - Bestimmen einer zweiten kinetischen Energie unter Verwendung der ermittelten Verzögerung oder Beschleunigung,
  - Vergleichen der ersten und der zweiten kinetischen Energie,
  - Bestimmen einer thermischen Energie aus dem Vergleich der ersten und der zweiten kinetischen Energie, die die der Bremsfläche zugeführte thermische Energie angibt, und
  - 20 - Bestimmen der Temperatur der Bremsfläche in Abhängigkeit der der Bremsfläche zugeführten thermischen Energie.
- 25 12. Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem die Temperatur der Bremsfläche unter Verwendung der bestimmten thermischen Energie ermittelt wird.
13. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, mit folgenden Schritten:
- Ermitteln einer Dauer, die die Aktivierungsdauer des Fahrzeugbremsystems angibt, und

- Ermitteln der zweiten kinetischen Energie unter Verwendung der ermittelten Aktivierungsdauer.
- 5      14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, mit folgenden Schritten:
- Ermitteln eines Verschleißes der Bremsfläche basierend auf der Temperatur und/oder der Temperaturänderung der Bremsfläche, und
  - Steuern der Höhe der Bremskräfte an der Bremsfläche in Abhängigkeit des Verschleißes.
- 10      15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, mit folgenden Schritten:
- Ermitteln eines Verschleißes der Bremsfläche basierend auf einer Änderung der kinetischen Energie des Fahrzeugs, und
  - Steuern der Höhe der Bremskräfte an der Bremsfläche in Abhängigkeit des Verschleißes.
- 15
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, bei dem zum Ermitteln des Verschleißes ein Verschleißfaktor verwendet wird.
- 20      17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem ein Verschleißfaktor verwendet wird.
- 25      18. Vorrichtung für ein Fahrzeugbremssystem, mit:
- Einrichtungen (TEMP, MEM) zur Bestimmung der Temperatur einer Bremsfläche in Abhängigkeit einer Verzögerung oder einer Beschleunigung bei aktiviertem Fahrzeugbremssystem, und
  - Einrichtungen (BS, ECU, MEM) zur Steuerung der Höhe von Bremskräften auf die Bremsfläche aufgrund einer Aktivierung des Fahrzeugbremssystems in Abhängigkeit der Temperatur der Bremsfläche, dadurch gekennzeichnet, dass

- 34 -

- die Steuerungseinrichtungen (BS, ECU, MEM) eingerichtet und programmiert sind, die Bremskräfte zum Erreichen oder Beibehalten eines gewünschten Fahrzustandes für das Fahrzeug zu steuern.

- 5 19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtungen (BS, ECU, MEM) eingerichtet und programmiert sind, die Bremskräfte in Abhängigkeit der Temperatur der Bremsfläche so zu steuern, dass das Fahrzeug im Stillstand gehalten wird, wenn dies der gewünschte Fahrzustand ist.
- 10 20. Vorrichtung gemäß Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen (TEMP) zur Bestimmung der Temperatur der Bremsfläche und/oder die Steuerungseinrichtungen (BS, ECU, MEM), dazu eingerichtet und programmiert sind, die Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 durchzuführen.
- 15 21. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 20, gekennzeichnet durch einen Speicher (MEM) mit Daten zur Durchführung der Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17
- 20 22. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 21, gekennzeichnet durch eine Schnittstelle, um zur Bestimmung der Bremsflächentemperatur und/oder zur Steuerung der Bremskräfte geeignete Daten von Steuereinrichtungen (BS, ECU) und/oder Erfassungseinrichtungen eines Fahrzeuges zu erhalten.
- 25 23. Fahrzeugbremssystem, mit:  
der Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 18 bis 22.

24. Fahrzeugbremssystem, das dazu eingerichtet und programmiert ist, gemäß den Schritten gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 gesteuert zu werden.
- 5 25. Fahrzeugbremssystem gemäß Anspruch 23 oder 24, mit einem Speichermedium mit Daten zur Steuerung des Fahrzeugbremssystems (BS) gemäß den Schritten gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17.
- 10 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, mit folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Speichermediums mit Daten zur Durchführung der Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17,
  - Übertragen der Daten des Speichermediums zu einer Einrichtung (TEMP, ECU, BS, MEM) eines Fahrzeuges zur Steuerung dessen Fahrzeugbremssystems (BS) oder der Vorrichtung gemäß einen der Ansprüche 18 bis 22 oder zu dem Speichermedium des Fahrzeugbremssystems (BS) gemäß Anspruch 15 25, und
  - Ausführen der Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17 zum entsprechenden Betrieb des Fahrzeugbremssystems (BS) in Abhängigkeit der Temperatur der wenigstens einen Bremsfläche (BD).
- 20 7272

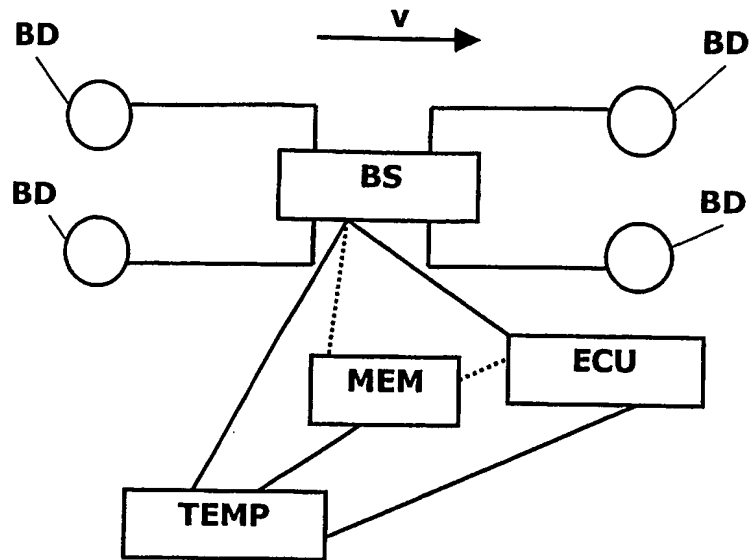


Fig. 1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/12917

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B60T8/48 B60T17/22 F16D66/00 B60T13/74 B60T7/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B60T F16D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 32 863 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 19 February 1998 (1998-02-19) column 6, line 37 -column 6, line 60	1-3, 5, 6, 18-26
P, X	WO 02 22417 A (FTE AUTOMOTIVE GMBH ;DRESCHER WALTER (DE); HEUBNER WILHELM (DE); H) 21 March 2002 (2002-03-21) page 29, line 30 -page 35, line 8; figures 3, 7, 8	1, 2, 4-6, 10, 18, 20-26
X	DE 44 18 768 A (DAIMLER BENZ AG) 14 December 1995 (1995-12-14) column 3, line 28 -column 6, line 54; figure	1, 2, 5, 6, 10, 18, 20-26
Y	---	7, 8, 11-17
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 February 2003

Date of mailing of the international search report

20/02/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marx, W

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/12917

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 43 16 993 A (DAIMLER BENZ AG) 24 November 1994 (1994-11-24) column 1, line 58 -column 2, line 67 ---	8,11-17
Y	DE 198 61 144 A (BOSCH GMBH ROBERT) 18 May 2000 (2000-05-18) column 6, line 33 -column 8, line 21 column 10, line 52 -column 11, line 17 ---	1,2, 14-17
Y	FR 2 794 825 A (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA) 15 December 2000 (2000-12-15) page 6, line 2 -page 11, line 19 ---	1,2, 14-17
Y	DE 34 07 716 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12 September 1985 (1985-09-12) page 7, paragraph 5 -page 9, paragraph 1 ---	1,2,7, 14,16,17
A	EP 1 083 360 A (KNORR BREMSE GMBH) 14 March 2001 (2001-03-14) page 1, line 38 -page 3, line 43 ---	1-26
P,A	DE 100 29 238 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG ;BOSCH GMBH ROBERT (DE)) 20 December 2001 (2001-12-20) the whole document -----	1-26

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/12917

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19632863	A	19-02-1998	DE 19632863 A1	19-02-1998
			DE 59706736 D1	02-05-2002
			EP 0825081 A1	25-02-1998
			JP 10076931 A	24-03-1998
			US 6019436 A	01-02-2000
WO 0222417	A	21-03-2002	AU 8773301 A	26-03-2002
			WO 0222417 A1	21-03-2002
DE 4418768	A	14-12-1995	DE 4418768 A1	14-12-1995
			FR 2720460 A1	01-12-1995
			GB 2289765 A ,B	29-11-1995
			JP 2593424 B2	26-03-1997
			JP 8005470 A	12-01-1996
			US 5524974 A	11-06-1996
DE 4316993	A	24-11-1994	DE 4316993 A1	24-11-1994
DE 19861144	A	18-05-2000	DE 19826132 A1	23-12-1999
			DE 19861144 A1	18-05-2000
			JP 3242900 B2	25-12-2001
			JP 2000016263 A	18-01-2000
			US 6256570 B1	03-07-2001
FR 2794825	A	15-12-2000	FR 2794825 A1	15-12-2000
DE 3407716	A	12-09-1985	DE 3407716 A1	12-09-1985
EP 1083360	A	14-03-2001	DE 19943352 A1	05-04-2001
			EP 1083360 A2	14-03-2001
DE 10029238	A	20-12-2001	DE 10029238 A1	20-12-2001
			FR 2810383 A1	21-12-2001
			GB 2363436 A	19-12-2001
			JP 2002031176 A	31-01-2002
			US 2002046909 A1	25-04-2002



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12917

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B60T8/48 B60T17/22 F16D66/00 B60T13/74 B60T7/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60T F16D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 32 863 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 19. Februar 1998 (1998-02-19) Spalte 6, Zeile 37 - Spalte 6, Zeile 60 ---	1-3, 5, 6, 18-26
P, X	WO 02 22417 A (FTE AUTOMOTIVE GMBH ; DRESCHER WALTER (DE); HEUBNER WILHELM (DE); H) 21. März 2002 (2002-03-21) Seite 29, Zeile 30 - Seite 35, Zeile 8; Abbildungen 3, 7, 8 ---	1, 2, 4-6, 10, 18, 20-26
X	DE 44 18 768 A (DAIMLER BENZ AG) 14. Dezember 1995 (1995-12-14)  Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 6, Zeile 54; Abbildung	1, 2, 5, 6, 10, 18, 20-26
Y	---	7, 8, 11-17
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Februar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/02/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marx, W

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12917

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 43 16 993 A (DAIMLER BENZ AG) 24. November 1994 (1994-11-24) Spalte 1, Zeile 58 -Spalte 2, Zeile 67 -----	8,11-17
Y	DE 198 61 144 A (BOSCH GMBH ROBERT) 18. Mai 2000 (2000-05-18) Spalte 6, Zeile 33 -Spalte 8, Zeile 21 Spalte 10, Zeile 52 -Spalte 11, Zeile 17 -----	1,2, 14-17
Y	FR 2 794 825 A (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA) 15. Dezember 2000 (2000-12-15) Seite 6, Zeile 2 -Seite 11, Zeile 19 -----	1,2, 14-17
Y	DE 34 07 716 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12. September 1985 (1985-09-12) Seite 7, Absatz 5 -Seite 9, Absatz 1 -----	1,2,7, 14,16,17
A	EP 1 083 360 A (KNORR BREMSE GMBH) 14. März 2001 (2001-03-14) Seite 1, Zeile 38 -Seite 3, Zeile 43 -----	1-26
P,A	DE 100 29 238 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG ;BOSCH GMBH ROBERT (DE)) 20. Dezember 2001 (2001-12-20) das ganze Dokument -----	1-26

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/12917

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
DE 19632863	A	19-02-1998	DE	19632863 A1			19-02-1998	
			DE	59706736 D1			02-05-2002	
			EP	0825081 A1			25-02-1998	
			JP	10076931 A			24-03-1998	
			US	6019436 A			01-02-2000	
WO 0222417	A	21-03-2002	AU	8773301 A			26-03-2002	
			WO	0222417 A1			21-03-2002	
DE 4418768	A	14-12-1995	DE	4418768 A1			14-12-1995	
			FR	2720460 A1			01-12-1995	
			GB	2289765 A ,B			29-11-1995	
			JP	2593424 B2			26-03-1997	
			JP	8005470 A			12-01-1996	
			US	5524974 A			11-06-1996	
DE 4316993	A	24-11-1994	DE	4316993 A1			24-11-1994	
DE 19861144	A	18-05-2000	DE	19826132 A1			23-12-1999	
			DE	19861144 A1			18-05-2000	
			JP	3242900 B2			25-12-2001	
			JP	2000016263 A			18-01-2000	
			US	6256570 B1			03-07-2001	
FR 2794825	A	15-12-2000	FR	2794825 A1			15-12-2000	
DE 3407716	A	12-09-1985	DE	3407716 A1			12-09-1985	
EP 1083360	A	14-03-2001	DE	19943352 A1			05-04-2001	
			EP	1083360 A2			14-03-2001	
DE 10029238	A	20-12-2001	DE	10029238 A1			20-12-2001	
			FR	2810383 A1			21-12-2001	
			GB	2363436 A			19-12-2001	
			JP	2002031176 A			31-01-2002	
			US	2002046909 A1			25-04-2002	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**